

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Optimalizace výroby palivových nádrží
Optimization of Production of Fuel Tanks

Student: Ing. Ivo Forgač
Vedoucí diplomové práce: Ing. Vladimíra Schindlerová, Ph.D.

Ostrava 2016

Zadání bakalářské práce

Student: **Ing. Ivo Forgač**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2301R040 Průmyslové inženýrství**
Téma: **Optimalizace výroby palivových nádrží**
Optimization of Production of Fuel Tanks
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

1. Teoretický úvod do problematiky.
2. Popis současného výrobního toku.
3. Optimalizace jednotlivých výrobních kroků a výrobních pracovišť.
4. Vyhodnocení navrženého řešení.
5. Celkové zhodnocení přínosu bakalářské práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN ISO 690 (01 0197). *Informace a dokumentace: Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: ÚNMZ, 2011. 40 s.

KEŘKOVSKÝ, M. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 2. vyd. Praha: C. H. Beck, 2009. 137 s. ISBN 978-80-740-0119-2.

TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. 2.vyd. Praha: Grada Publishing, spol. s.r.o., 2000. 412 s. ISBN 80-7169-955-1.

HLAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty*. 3. vyd. Brno : CERM, 2005. 197s. ISBN 80-214-2871-6.

CHUNDELA, L. *Ergonomie*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2001, 171 s. ISBN 80-01-02301-x

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vladimíra Schindlerová**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016




doc. Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřisežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 6.5.2016




Ivo Forgač

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домии, что Высшая школа ба́йская – Техни́ческая универси́та Остра́ва (да́ле же́н „VŠB-TUO“) ма́я пра́во невýдѣле́чнѣ к сво́ей внут́рннй потре́бѣ дипло́мовоу (бакала́рскоу) пра́ци у́жѣт (§ 35 одст. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домии, что о́девзда́нием сво́ей пра́це souhlasím se зве́řejне́нием сво́ей пра́це по́сле за́кона ч. 111/1998 Sb., о́ высо́ких шко́лах а́ о зме́нѣ а́ до́плне́нии да́льших за́коноу (за́кон о́ высо́ких шко́лах), ве́ зне́нии по́здѣ́йших пре́дпису́, бе́з о́hledu на́ вы́sledек же́й об́hajoby.

V Ostravě :

6.5.2016



Jméno a příjmení autora práce: Ing. Ivo Forgač

Adresa trvalého pobytu autora práce: Bezručova 727, Paskov 739 21

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

FORGAČ, I. *Optimalizace výroby palivových nádrží : bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2016, 45 s. Vedoucí práce: Schindlerová, V.

Bakalářská práce se zabývá optimalizací výroby palivových nádrží ve společnosti VOP CZ. V úvodní části práce popisují využití nádrží, jejich parametry, výrobní specifikace a požadavky. V bakalářské práci se dále zabývám celým výrobním procesem, analýzou vlivů jednotlivých kroků s cílem dosáhnout optimálních výrobních časů za pomoci využití přípravků a šablon, odstranění nedostatků a opakujících se chyb. Výsledkem celé práce je analýza výroby a promítnutí úsporných opatření do kalkulace, a tudíž celkové ceny produktu.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

FORGAČ, I. *Optimization of Production of Fuel Tanks : Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2016, 45 p. Thesis head: Schindlerová, V.

Bachelor Thesis is dealing with optimization of production of fuel tanks in the company VOP CZ. In the introduction part is described tanks purpose, its parameters, manufacturing specifications and requirements. In the bachelor thesis I am dealing with complete manufacturing process, influence analysis of particular production steps with target to reach optimal production cycle times by using fixtures and templates, removal of imperfections and repetitive faults. Result of this bachelor thesis is production analysis and reflecting economical actions into the calculation, therefore to final price of complete product.

Obsah

Obsah	6
Seznam použitých značek a symbolů	8
Úvod.....	9
1 Teoretický úvod do problematiky - přístupy štlhlé výroby	10
1.1 Kaizen	11
1.2 Kanban	11
1.3 5S.....	13
1.4 JIT (Just-In-Time)	15
1.5 OPT (Optimized Production Technology)	16
1.6 Muda, Mura, Muri.....	16
1.6.1 Muda	16
1.6.2 Mura (nepravidelnost).....	17
1.6.3 Muri	17
1.7 Představení společnosti VOP CZ, s.p.	18
1.7.1 Mise	18
1.7.2 Vize.....	18
1.7.3 Hodnoty	19
1.7.4 Strojírenská výroba	19
1.8 Palivové nádrže	20
1.9 Parametry palivové nádrže 477-2367.....	21
1.10 Popis konstrukce nádrže	22
2 Popis výrobního toku	23
2.1 Dělení a tváření materiálu	23
2.2 Svařovna.....	24
2.3 Lakovna.....	25

2.4	Balení, sklad, expedice.....	30
3	Optimalizace jednotlivých výrobních kroků.....	31
3.1	Svařování nádrže – podsestavy	32
3.2	Svařování hrdel – na svařovacím robotu.....	33
3.3	Rovnání spodního plechu, dovařování	34
3.4	Úprava konstrukce nádrže.....	35
3.5	Lakovna.....	36
3.6	Vizualizace.....	38
4	Vyhodnocení navržených řešení.....	39
5	Závěr – celkové zhodnocení přínosu bakalářské práce	42
6	Seznam literatury	43
7	Seznam obrázků.....	45
8	Seznam tabulek.....	45
9	Seznam příloh	45

Seznam použitých značek a symbolů

CAT	Caterpillar
JIT	Just-In-Time – koncept řízení výroby
OPT	Optimized Production Technology – koncept řízení výroby
RCCA	analýza příčin a nápravných opatření (Root Cause & Corrective Action)
VOP CZ, s.p.	Vojenský opravárenský podnik, státní podnik
TPM	Total Productive Mainetance
CCT	Cyclic Corrosion Testing
USA	Spojené státy americké

Úvod

Efektivita výroby v dnešním konkurenčním prostředí představuje stěžejní atribut každého výrobního podniku. V tržním hospodářství platí nesmlouvavé pravidlo, že přežije pouze ten, který je schopen vyrobit a dodat výrobek včas, v požadované kvalitě a samozřejmě s minimálními náklady. Všechny tyto parametry jsou klíčové a jejich důležitost je vyrovnaná, i když kritéria výběru dodavatele je převážně orientovaná na cenu. Nicméně profitabilita výrobního podniku je ovlivňována všemi výše uvedenými atributy, které souvisí s efektivitou výroby, která je ovlivněna mnoha mikroekonomickými vlivy, jako např. personálními vlivy, tzn. mezilidské vztahy a profesní způsobilost, dále také nastavenou organizací práce v podniku, vhodným technickým vybavením apod. Makroekonomické vlivy jako konkurenční prostředí v dané oblasti, zdroje potřebné pro výrobu, logistická dostupnost apod. jsou vlivy, které každá společnost musí nutně zvážit již při svém založení, protože následné řešení je velice obtížné, ba dokonce nemožné a firma tak ztrácí některé ze svých výhod, které mohou být v rámci konkurenčního boje rozhodující.

Důvodem zvolení tématu této bakalářské práce je má dlouholetá praxe v obchodním oddělení, kde jsem se setkal s konfrontací mezi výrobním termínem, cenou a kvalitou na trhu strojírenských výrobků jak v kusové výrobě, tak v sériové výrobě. Během své praxe jsem byl často zapojen do problematiky optimalizace nákladů, a to jak vně podniku, tzn. nákup materiálů a služeb, tak i uvnitř podniku, jako například tok informací. V jednotlivých kapitolách tak popisuji celý výrobní proces výroby a u vybraných operací jsem se zaměřil na jejich efektivní využití, popřípadě nalezení vhodné optimalizace procesu.

Výstupem této bakalářské práce je analýza optimalizace linky na výrobu palivových nádrží, s cílem optimalizovat dodávky z hlediska kvality, včasnosti dodávek a optimalizace ceny a najít tak prostor k rozvoji celé společnosti.

1 Teoretický úvod do problematiky - přístupy štíhlé výroby

Úspěšnou výrobní firmu lze provozovat pouze za předpokladu dodržování určitých pravidel hospodárnosti s orientací na základní cíle. Toho je možno dosáhnout pouze za předpokladu strategického řízení výroby. Strategie řízení zahrnuje vést podnik k trvalé prosperitě v dlouhodobém časovém horizontu.

K efektivitě řízení existuje celá řada přístupů, jejichž aplikací a dodržováním principů lze maximálně optimalizovat výrobu a zvýšit tak konkurenceschopnost dosahováním vysoké kvality, snižováním nákladů, vyvarování se opakujících chyb, plýtváním. Mezi tyto přístupy tzv. „štíhlé výroby“ řadíme teorii neustálého zdokonalení Kaizen, metoda 5S – pět kroků dobrého hospodaření, Just-in-time, OPT, Muda, Kanban, TPM apod.

Lean management je koncepce zaměřená jednak na optimalizaci procesů, jednak na co největší uspokojování potřeb zákazníka. V prvním případě se jedná především o to, aby se správným plánováním a kontrolou spotřeby všech výrobních faktorů v rámci hodnototvorného řetězce firmy od vstupů až po zákazníka zabránilo plýtvání. V Lean managementu se všechny aktivity na všech stupních řetězce posuzují především podle toho, zda jsou schopny vytvořit hodnotu, kterou je zákazník ochoten zaplatit. Aktivity, které nejsou schopny vytvořit hodnotu pro zákazníka, ale přesto se uskutečňují, ukazují na (skryté) plýtvání. Příkladem takových aktivit jsou opravy nekvalitní práce, skladování dílů mezi navazujícími činnostmi, několikanásobná evidence dat, zbytečné výkazy, kopie a jejich zpracování, dlouhé dopravní cesty uvnitř podniku a s tím spojené ztrátové časy, ztrátové časy při čekání na materiál a udržování nadbytečných zásob. Skryté plýtvání je většinou možno odhalit nejen u činností bezprostředně spojených s tvorbou hodnot (vývoj, nákup, výroba, odbyt), ale i ve správě a managementu. [1]

Hranice možností aktivního ovlivnění přesahuje rámec podniku a zahrnuje celý hodnototvorný řetězec výroby a distribuce výrobku. V Lean managementu se proto optimalizují nejen aktivity uvnitř podniku, ale celá síť výrobků, a to jak na straně vstupů (dodavatelé), tak na straně výstupů firmy. Tento princip výrobce silně motivuje k těsné spolupráci se subdodavateli a distributory. [1]

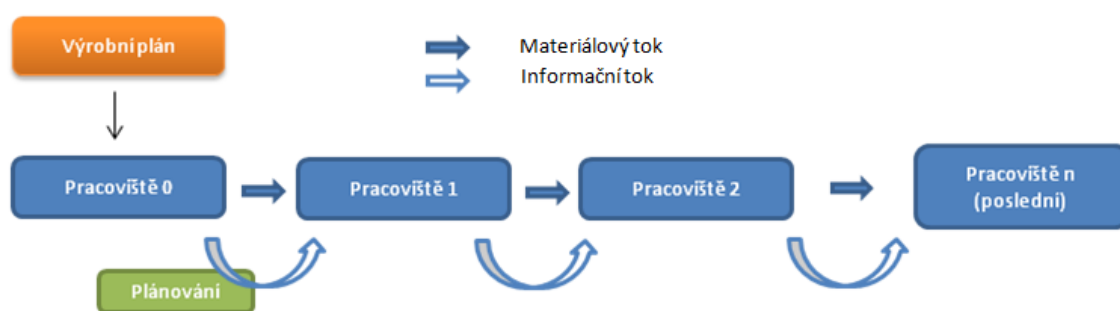
1.1 Kaizen

V japonštině znamená kaizen neustále zdokonalování. Zároveň toto slovo implikuje zdokonalování, jež se týká každého – manažerů i řadových zaměstnanců – a zahrnuje minimální náklady. Filozofie kaizen předpokládá, že náš způsob života – ať už se jedná o život pracovní, společenský či rodinný – by se měl zaměřovat na úsilí o neustále zdokonalování.

I když zdokonalování v rámci koncepce kaizen probíhá postupně a po malých přírůstcích, celkový proces kaizen přináší dramatické výsledky. Právě tato koncepce vysvětluje, proč nemohou japonské podniky zůstat dlouho statickými. [2]

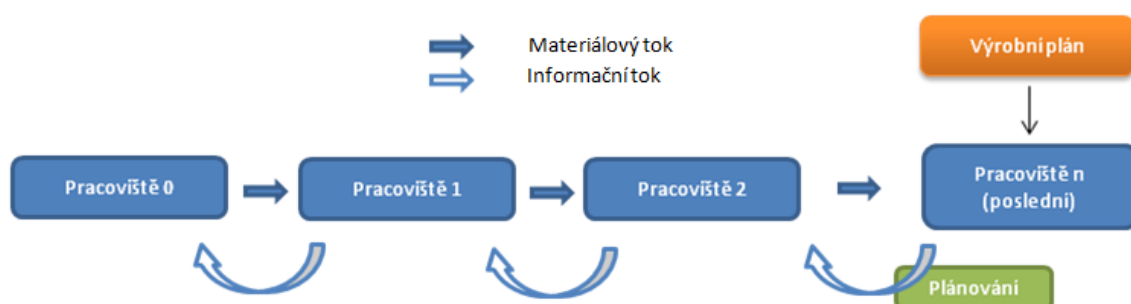
1.2 Kanban

Kanban znamená v japonštině karta, štítek nebo lístek a ban (signál). Systém kanban je jedním ze základních představitelů tahového principu. Slouží jako nástroj jemného vyladění výroby i propojení jednotlivých procesů. Tlakový princip je typický pro plánované hospodářství, kdy podniky vyrábí dle stanoveného plánu a odbyt je prakticky zajištěn díky nedostatku zboží – graficky znázorněn na obrázku 1. Již v roce 1953 výrobním závodu Toyoty kanban systém zavedl Taichi Ohno s cílem optimalizovat zásoby při opakované sériové výrobě. [3]



Obrázek 1 - Tlakový systém (Push System) [5]

V případě kanbanu se jedná jednoznačně o tahový princip přístupu k výrobě znázorněného na obrázku 2, tzn. je efektivní v případech, kdy je převis nabídky vysoký, zákazník si logicky více vybírá. Výrobce mu vychází vstříc tím, že nabízí v katalogu řadu možností, jak by si mohl zákazník svůj výrobek sestavit. V nejvyšší formě výrobce umožní zákazníkovi, aby si sám formou počítačového dialogu vytvořil z velkého množství předpřipravených modulů, dílců, příslušenství a barevných kreací svůj vlastní model a vytáhl si ho z výrobní linky.[3]



Obrázek 2 - Tahový systém (Pull System) [5]

Podstata koncepce kanbanu je založená na poskytnutí pouze těch komponent ze strany dodavatele, skladu nebo výroby, které jsou zapotřebí, v daném množství a v daném čase tak, aby neexistovaly žádné přebytečné inventáře. Princip kanbanu vychází z předpokladu, že je možné rozdělit pracoviště na prodáváče a kupující, přičemž je současně přesně definován okruh pracovišť, která si dodávají a odebírají materiál. O tom, jaké části budou jednotlivá pracoviště potřebovat, informují štítky (kanban), které cirkulují v rámci jednotlivých dílen. Hlavním cílem systému kanban je na každém stupni výroby podporovat "výrobu na objednávku", která umožňuje bez větších investic redukovat zásoby a zlepšuje přesnost plnění termínů. Aby toho bylo možné dosáhnout, musí se už při návrhu výrobní dispozice vyvážit výrobní kapacity (tvorba rodin příbuzných výrobků, zajištění pravidelného odběru a tím i výroby, použití principů skupinové technologie apod.) [3]

1.3 5S

5S – označení pro 5 základních pravidel, kterými by se měla řídit organizace usilující o zavedení štíhlé, přehledné a čisté výroby. Celá tato filozofie je založena na teorii pěti pilířů – v grafické podobě zobrazeno na obrázku 3 viz níže.



Obrázek 3 - grafické zobrazení 5S [6]

První pilíř – třídění (japonsky: Seiri, anglicky: Sort)

Třídění znamená, že z pracoviště se odstraní všechny předměty, které nejsou v současných výrobních (nebo administrativních) operacích zapotřebí. Dochází překvapivě snadno k nepochopení tohoto jednoduchého principu. Může být totiž obtížné rozlišit mezi tím, co je zapotřebí a co ne. [4]

Druhý pilíř – nastavení pořádku (japonsky: Seiton, anglicky: Set in Order)

Nastavení pořádku lze definovat jako uspořádání potřebných položek tak, že mohou být jednoduše použity, a jejich označení takovým způsobem, že je lze jednoduše nalézt a uložit. Nastavení pořádku by mělo být vždy zaváděno po třídění. Poté, co je vše roztříděno, zůstává pouze to, co je nezbytné. Dále by mělo být vyjasněno, kam tyto věci patří, aby každý okamžitě pochopil, kde je najít a kam je vrátit. [4]

Třetí pilíř – lesk (japonsky: Seiso, anglicky: Shine)

Třetím pilířem je lesk. Lesk znamená zametení podlah, vyčištění strojů a obecně zajištění toho, že všechno v podniku zůstává čisté. Ve výrobní společnosti je lesk úzce propojen se schopností produkovat kvalitní výrobky. Díky nalezení způsobů, jak zabránit hromadění špíny, prachu a odpadu v dílně, lesk v sobě také obsahuje ušetření práce. [4]

Kvůli propojení úklidu s údržbou by měl být lesk začleněn do denních úkolů preventivní údržby.

Čtvrtý pilíř – standardizace (japonsky: Seiketsu, anglicky: Standardize)

Standardizace se odlišuje od třídění, nastavení pořádku a lesku. Tyto první tři pilíře mohou být chápány jako činnosti, jako něco, co děláme. Naopak standardizace je metodou, kterou používáte pro zachování prvních tří pilířů – třídění, nastavení pořádku a lesku. Standardizace se vztahuje ke každému z těchto tří pilířů, ale nejsilněji se vztahuje k lesku. Přináší výsledky, pokud udržujeme stroje a jejich okolí bez odpadu, oleje a špíny. Je to podmínka, která existuje poté, co jsme nějakou dobu praktikovali lesk. [4]

Pátý pilíř – zachování (japonsky: Shitsuke, anglicky: Sustain)

V prostředí pěti pilířů znamená zachování zautomatizování řádného udržování správných procedur. [4]

První čtyři pilíře mohou být zavedeny bez potíží, pokud se na pracovišti zaměstnanci cítí vázáni dodržovat podmínky 5S. Takové pracoviště se bude pravděpodobně těšit vysoké produktivitě a kvalitě.

V mnoha podnicích se tráví zbytečně mnoho času a úsilí tříděním a úklidem, jelikož společnosti chybí disciplína zachovávat podmínky 5S a pokračovat v zavádění 5S na denní bázi. I když společnost občas organizuje kampaně a soutěže 5S, bez pilíře zachování se další pilíře dlouho neudrží.[4]

1.4 JIT (Just-In-Time)

Tato metoda řízení výroby byla vytvořena a potom uplatňována v řízení výroby počátkem a v průběhu sedmdesátých let v Japonsku, v USA, a v západní Evropě. Základní ideou JIT je výroba pouze nezbytných položek a v potřebné kvalitě, v nezbytném množství, v nejpozději přípustných časech. JIT je orientován na eliminaci pěti základních druhů ztrát, plynoucích z nadprodukce, čekání, dopravy, udržování zásob a nekvalitní výroby.

Charakteristické rysy JIT výrobní strategie [1]:

- důraz na minimalizaci rozpracované výroby, eventuálně výrobu prakticky bez meziperačních zásob, respektive i bez meziperačních skladů,
- podstatné zkracování průběžných dob,
- podstatná redukce seřizovacích časů,
- jsou používány malé výrobní dávky,
- aplikace make or buy strategie („nevyráběj nic, co můžeš nakoupit jinde levněji“), využívání sítě spolehlivých dodavatelů,
- důraz na vysokou kvalitu a eliminaci všech poruch výrobního systému,
- jednoduchost a průhlednost systému řízení,
- za stabilizační faktor jsou považovány rezervní výrobní kapacity, nikoliv zásoby rozpracované výroby; počty pracovníků obvykle odpovídají nejnižším potřebným počtům; zvýšené požadavky se kryjí přesčasy, najímáním dočasných pracovníků nebo kooperací,
- motivace a angažovanost pracovníků všech úrovní.

Možné přínosy JIT [1]:

- redukce zásob a rozpracované výroby,
- redukce výrobních a skladovacích prostor,
- kratší průběžné doby, kratší seřizovací časy,
- vyšší využití výrobních zdrojů, vyšší produktivita,
- jednodušší řízení, snížení režijních nákladů,
- zvýšení kvality.

JIT jako systém řízení výroby může znamenat i negativní vlivy na zákazníka, kdy v důsledku plynulé výroby s minimálními zásobami může docházet k určité nepružnosti, prodloužení výrobní doby díky možným dodávkám materiálů s dlouhou dobou výroby (např. odlitky). [1]

1.5 OPT (Optimized Production Technology)

OPT je koncept řízení výroby, vyvinutý v 70. letech v USA. Tento koncept je zaměřen na optimalizaci výrobních toků cestou maximálního využívání kapacit úzkoprofilových pracovišť, tzv. bottlenecks („úzkých hrdel“). OPT je založen na myšlence, že výkonnost výrobního systému jako celku, a tím zároveň i úroveň vázaných oběžných prostředků určují úzkoprofilová pracoviště. Na systém OPT je možné pohlížet ze tří hledisek: jako na novou filozofii řízení výroby; nástroj zlepšování organizace výroby; dokonalý software pro plánování výroby. Za hlavní přínos OPT je považována redukce průběžných dob a celkové zvýšení průchodnosti výrobního systému [1].

1.6 Muda, Mura, Muri

1.6.1 Muda

Japonské slovo muda znamená odpad či plýtvání, ale má i mnohem hlubší význam. Práce je sérií procesů či kroků, kde na začátku jsou suroviny a na konci produkt nebo služba. V každém z těchto procesů je produktu přidávána hodnota a produkt pak putuje do dalšího procesu. Zdroje v každém procesu – tedy lidé a stroje – buď hodnotu přidávají, nebo nepřidávají. Termín muda označuje ty aktivity, které hodnotu nepřidávají. Dle T. Ohna se muda rozděluje do sedmi kategorií. [2]

Muda nadprodukce – je funkcí mentality vedoucího výrobní linky, jenž se obává takových problémů, jako jsou poruchy strojů, zmetky a absence dělníků, a proto cítí nutnost vyrábět víc než je potřeba – jenom pro jistotu. Tento typ muda vychází z předstihu před výrobním plánem. Výroba většího než potřebného počtu produktů má za následek plýtvání. [2]

Muda zásob – finální produkty, rozpracované produkty, obrobky, díly a součástky – to vše jsou zásoby, které nepřidávají žádnou hodnotu. Spíše zvyšují provozní náklady tím, že zabírají místo a vyžadují nasazení dalších zařízení jako skladů, vysokozdvížných vozíků atd.

Muda oprav a zmetků – zmetky přerušují výrobu a vyžadují nákladné opravy. Často se musí vyhodit – což je ohromné plýtvání zdroji a prací.

Muda pohybu – jakýkoliv pohyb zaměstnanců, který není přímo spojen s přidáváním hodnoty, je neproduktivní.

Muda zpracování – někdy vede nevhodná technologie nebo nevhodné provedení k muda v samotném procesu zpracování produktu.

Muda čekání – dochází k němu v momentě, kdy se práce zastaví z důvodu nedostatku součástek, poruchy stroje.

Muda dopravy – pohyb materiálu nepřidává žádnou hodnotu. Snahou by mělo být začlenění celého procesu do jedné linky.

1.6.2 Mura (nepravidelnost)

Kdykoli je narušený hladký tok práce stroje a jeho obsluhy, postup produktů na lince nebo plynutí plánu výroby, jedná se o mura. [2]

1.6.3 Muri

Muri znamená namáhavé podmínky pro zaměstnance i stroje, stejně jako pro celý pracovní proces. Například když nově přijatý zaměstnanec dostane práci zkušeného veterána, aniž by byl dostatečně zaškolen, práce pro něj bude namáhavá, pravděpodobně bude pomalejší a možná se bude dopouštět i chyb – čímž vzniká muda. [2]

1.7 Představení společnosti VOP CZ, s.p.

VOP CZ, s.p. je podnikem, který se profiluje v oblasti vojenské techniky, strojírenské výroby a vývoje. Podnik se nachází v Šenově u Nového Jičína, další část podniku je v Bludovicích nedaleko Nového Jičína a zaměstnává více než 800 zaměstnanců, kteří dohromady nabízí široké portfolio profesionálních služeb ve výše zmíněných oblastech. Podnik se zabývá především opravami vojenské techniky a strojírenskou výrobou. Na vlastní vývoj navazuje modernizace, výroba vojenské techniky a výroba civilních produktů. [7]

1.7.1 Mise

- Poskytování kontinuální a efektivní podpory zabezpečení obranyschopnosti státu a bezpečnosti obyvatelstva prostřednictvím komplexních služeb a produktů v oblasti vojenské techniky a partnerství v rámci mezinárodních organizací.
- Spolehlivé, flexibilní a inovativní spolupráci se všemi partnery a efektivním využívání technologického vybavení pro vojenskou i civilní výrobu.
- Podílení se na rozvoji vědy, výzkumu a vývoje na české a mezinárodní úrovni a uvádění získaných poznatků do praxe. [7]

1.7.2 Vize

- Být spolehlivým, moderním a inovativním partnerem jak v oblasti servisu, vývoje a modernizace pozemní vojenské techniky a integraci obranně - bezpečnostních řešení, tak i v oblasti civilní strojírenské výroby.
- Být spolehlivým partnerem pro naše zákazníky, zaměstnance a další obchodní partnery.
- Být ve všech aspektech působení společensky odpovědnou firmou. [7]

1.7.3 Hodnoty

- Orientace na zákazníka a trvalé zlepšování.
- Partnerství a týmová spolupráce.
- Důvěra, otevřenost a odpovědnost [7]

1.7.4 Strojírenská výroba

Lehké svařence

Nedílnou součástí všech stavebních strojů a silničních strojů jsou nádrže (palivové, hydraulické), lžíce, lopaty, ramena výložníků a teleskopická ramena. Jednou ze specializací je výroba těchto produktů. [7]

Těžké svařence

Pro přední světové výrobce převážně z Německa a Velké Británie vyrábí podnik základní nosné části stavebních a silničních strojů. Podstatnou částí všech strojů jsou horní a spodní díly podvozků stavebních strojů, silničních strojů, manipulační techniky, které vynikají velkou složitostí a přesností. [7]

Finální produkty

Zkušenosti konstruktérů a technologů, technologické vybavení, schopnost zajistit jakýkoliv materiál a vyrobit prakticky jakýchkoli díl umožňuje firmě nabízet finální výrobky s vysokou přidanou hodnotou. [7]

Společnost nabízí kontrolu zákazníkem dodané konstrukční dokumentace, zpracování vlastní výrobní dokumentace, zajištění kompletní přípravy výroby, včetně výroby obráběcích a svařovacích přípravků, výrobu včetně montáže a odzkoušení hotového výrobku ve vlastních zkušebnách za přítomnosti zákazníka. [7]

Kolový nakladač Dapper

Univerzální pomocník využitelný ve stavebnictví, zemědělství, ideální při komunálních a zahradnických pracích nebo při údržbě průmyslových areálů. [7]

Jeho hlavní výhodou je především kloubové řízení, které je oproti smykovým lépe ovladatelné v těžkém terénu. Má rychlejší transportní rychlost, je provozně ohleduplnější jak k pneumatikám, tak i podkladovému povrchu (chodníky, trávniky) a vzhledem k výrazně nižší spotřebě také výrazně ekologičtější a ekonomičtější provoz. [7]

Zakázková výroba

Výroba složitých svařenců, konstrukčních celků a finálních výrobků na zakázku, na podkladě výkresové dokumentace zákazníka. [7]

Výrobní technologie

Základním předpokladem kvalitně odvedené práce je kromě dobrého konstrukčního návrhu i kvalitní technologické a technické vybavení pro vlastní výrobu. Zvyšování technické úrovně našeho strojního vybavení se firma věnuje dlouhodobě již od roku 1992 a každoročně investuje zhruba 8 % z obrátu na nákup nových technologií. [7]

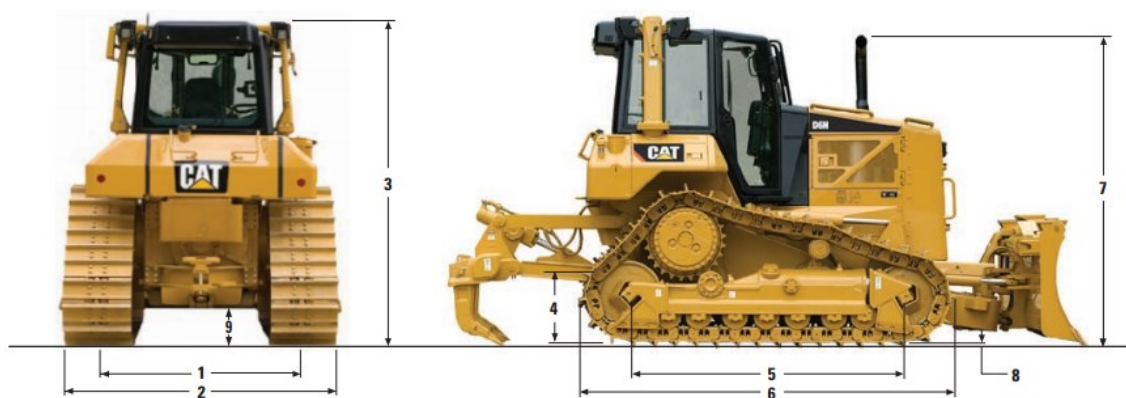
1.8 Palivové nádrže

Jedním z produktů vyráběných ve společnosti VOP CZ jsou nádrže, jejíž požadavky na kvalitu patří mezi nejpřísnější a zákazníkem ve sto procentech kontrolovaným parametrem.

Ve VOP CZ má výroba nádrží několikaletou tradici, a proto společnost investovala do strojního vybavení značné prostředky. Odběrateli nádrží jsou světoví výrobci strojů

stavební techniky. Ve VOP CZ se vyrábí z pohledu využití palivové nádrže a hydraulické nádrže.

Mezi stěžejní vyráběné nádrže patří i z dlouhodobé perspektivy palivové nádrže vyráběné pro firmu Caterpillar (CAT). Tyto nádrže jsou určeny pro pásové buldozery třídy D6N vyráběné ve Francii.



Obrázek 4 - D6N buldozer [8]

Tyto nádrže jsou z části pohledové, tudíž její kvalitativní požadavky musí splňovat kromě funkčních vlastností také estetické parametry. Z tohoto důvodu je nezbytně nutné kontrolovat každý kus už od prvních operací až po zabalení.

1.9 Parametry palivové nádrže 477-2367

Označení nádrže: 477-2367

Typ nádrže: palivová

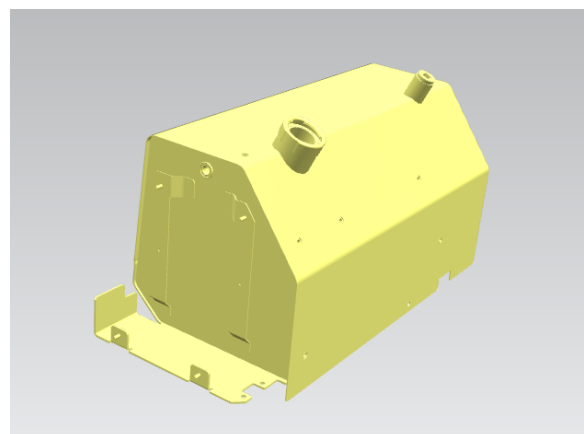
Objem nádrže: 299 litrů (79 gal)

Stroj: D6N

Hmotnost nádrže: 126,2 kg

Rozměry: 965×550×600

Materiál: S355JR /S235JR



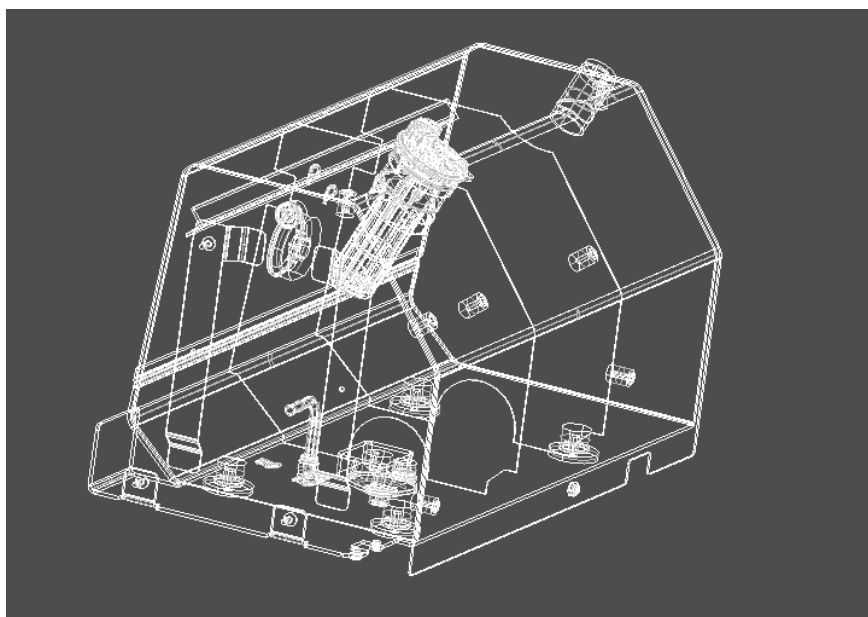
Obrázek 5 - palivová nádrž 477-2367

1.10 Popis konstrukce nádrže

Nádrž je tvořena jedním velkým čelním plechem z materiálu S355 JR o tloušťce 3 mm, přičemž jeho 3 přední viditelné plochy (obrázek 5) jsou pohledovými plochami nádrže, a tudíž tento povrch již před svařením nesmí vykazovat žádné vady, popřípadě škrábance a vrypy způsobené nešetrnou manipulací, které by vyžadovaly před nátěrem opravu tmelením. Dále je nádrž svarovými spoji smontována jedním spodním a dvěma bočními 6 mm plechy. Uvnitř je nádrž podélně v zadní části horního plechu vyztužena úhelníkem a příčně přepážkami.

Ve vrchní části nádrže se nachází široká plnicí trubka pro tankování paliva, ve které je uložen palivový filtr. Trubka je zakončena snímatelným víčkem. Druhá trubka zobrazena na 3D modelu (obrázek 6) je servisní trubka, která slouží k vysušení nádrže a přístupu za poslední přepážku. Po finálním nalakování se zaslepuje utěsněným litinovým víčkem.

Ve spodní části nádrže se nachází několik otvorů sloužících pro sání a vypouštění paliva do a z nádrže. V zadní části je pouze jeden otvor určený pro montáž palivoměru.



Obrázek 6 - palivová nádrž 477-2367 v 3D

2 Popis výrobního toku

Výroba nádrže je proces sériové výroby, kdy se nevyrábí pouze jedna nádrž na jednom pracovišti, ale vyrábí se po určitých dávkách s přihlédnutím na instalaci a využití přípravku, aby přípravný čas na jednu dávku byl co nejmenší. Dávky jsou určeny maximálním možným počtem nastehovaných nádrží za směnu v jednom svařovacím boxu.

Tento proces je jedním z úzkých hrdel výroby, tzv. „bottleneck“, protože se jedná o základní výrobní proces, který určuje propustnost celé linky a ovlivňuje tak její takt.

Tabulka 1 - Počet stehovaných nádrží za směnu

Svařovací box	Počet směn	Počet ks / směna	Počet ks/den
box č. 1	3	5	15
box č. 2	3	5	15
box č. 3	1	5	5

Doba taktu je teoretické číslo, které nám říká, kolik času je potřeba na výrobu jednoho výrobku v každém procesu. Na druhé straně doba cyklu je skutečná doba, kterou každý dělník potřebuje k dokončení svého úkonu. Na pracovišti jsou abnormality prostým životním faktem a pokaždé, když se objeví, se doba cyklu prodlouží. Základní úkolem je tedy přiblížit dobu cyklu co nejvíce době taktu. [2]

2.1 Dělení a tváření materiálu

Celý výrobní proces začíná u příjmu materiálu ve standardních dodávaných formátech. Prvním výrobním stupněm je pálení materiálu laserovými pálicími stroji a následný ohyb jednotlivých dílů na ohraňovacích lisech. Po ohnutí je však nutno vždy zbavit jednotlivé díly okují po laserovém pálení. Neodstranění těchto okují způsobuje nedostatečnou adhezi nátěru v místě výskytu okují a následně jejich možné odlupování. Z dlouhodobého hlediska životnosti zařízení obsahující vyráběnou nádrž a působením vlivu klimatických podmínek by při používání těchto strojů docházelo v exponovaných místech ke vzniku koroze. Výskyt okují je při každém auditu ze strany zákazníka kontrolován a v případě jejich výskytu mimo segment pálení a ohýbání, je vyžadováno okamžité řešení situace a sepsání protokolu o nápravných opatřeních.

2.2 Svařovna

Po úspěšném zpracování prvotního materiálu se v určitých dávkách přesouvá materiál do svařovny, kde bude probíhat další fáze zpracování.



Obrázek 7 - Uložení materiálu na svařovně

Stehování

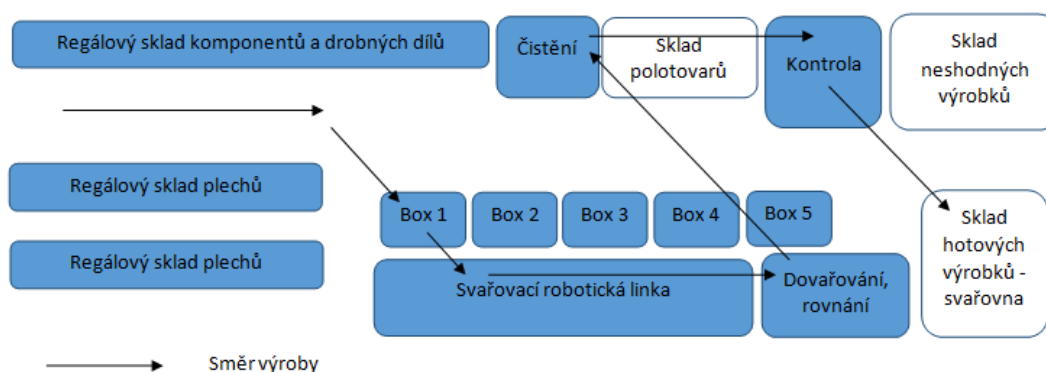
Na svařovně probíhá kompletace nádrže, především však v první řadě stehování jednotlivých dílů pomocí přípravků sloužících k zajištění rozměrových tolerancí a také k zajištění přesné přípravy pro svaření na robotické lince. Stehování jednotlivých dílů nádrže probíhá dle přesného technologického předpisu vytvořeného technologem. Pro zajištění zamezení možnosti chyby vlivem fluktuace svářečů a pro přehlednost je vypracována detailní vizualizace technologického postupu, která je chráněná laminátovou fólií proti poškození a umístěná v každém svařovacím boxu, ve kterém se tento typ sestavuje.

Robotické svařování

Po sestavení nádrže a kontroly rozměrů pomocí šablon je umístěna nádrž do přípravku pro robotické svařování. V robotické lince je pak nádrž svařena dle nastavených parametrů. Místa, kde robotická hubice nemá dostatečný přístup, jsou poté dovařena v tzv. „dovařovacím boxu“, kde je nádrž dovařena manuálně. V tomto boxu jsou poté navařeny všechny svorníky, které jsou navařeny pomocí odporové svářečky. Finální operací svařovny je čištění nádrže od svarových kuliček, broušení apod.

Kontrola na svařovně

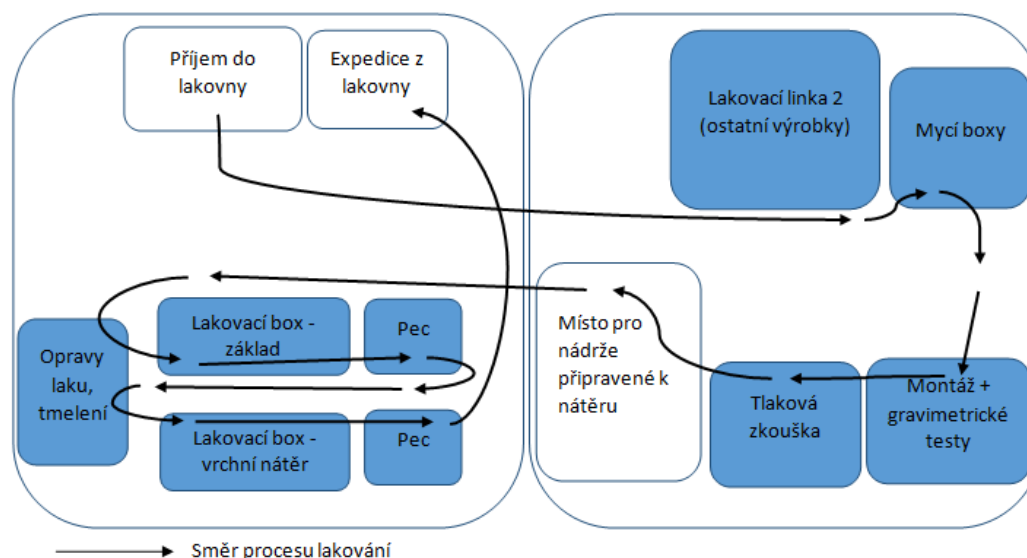
Po kompletním svaření nádrže následuje kontrola, zda všechny komponenty jsou přivařeny a jsou-li ve správné pozici. Toto je zajišťováno pomocí kontrolních šablon vyrobených z tenkých plechů z důvodu nižší hmotnosti a snadné manipulace. V případě nalezení interní neshody putuje nádrž zpět do „dovařovacího boxu“, kde dojde k sjednání nápravy zjištěné vady a poté se vrátí nádrž k opakované kontrole. V případě, kdy nádrž plně vyhovuje všem výrobním požadavkům, putuje nádrž do lakovny.



Obrázek 8 - Schéma linky nádrží na svařovně

2.3 Lakovna

Úsek lakovny je posledním místem, kde je nádrž v rámci podniku výrobně zpracována a kde se utváří její finální podoba. Jedná se pracoviště s největšími nároky na čistotu a striktní dodržování předpisů.



Obrázek 9 - Lakování nádrží - schéma lakovny

Mytí a gravimetrické testy

Po přivezení ze svařovny jdou nádrže do mycího boxu, kde pomocí vysokotlakého čističe se z nádrže odstraňují nečistoty, které do nádrže napadaly během operací na svařovně. Po důkladném vymytí se nádrže vyplachují chemickým odmašťovacím a fosfátovacím prostředkem, jehož účelem je kromě odmaštění také protikorozní ochrana vnitřního prostoru nádrží.

Kontrola čistoty nádrží je kontrolována pomocí tzv. gravimetrických testů, kdy je nádrž upnutá do rotačního přípravku a do nádrže se nalije cca. 4 litry speciální tekutiny dle předpisu zákazníka. Následně se nádrž několikrát na přípravku otočí, aby se kapalina dostala do všech částí nádrže. Nakonec se obsah nádrže vyprázdní do nádoby skrz výpustný otvor přes filtrační papír. Tento papír slouží jako kontrolní laboratorní vzorek, který se podrobuje analýze výskytu nečistot v nádrži. Zbytek tekutiny, který není možno vylít pomocí otáčení, se musí odsát sací hubicí.

V odebraném vzorku se zkoumá a posuzuje maximální povolená hmotnost znečišťujících látek (v miligramech na hmotnost dílu [mg/kg]; miligramů na metr hadice [mg/m] a miligramů na metr čtvereční smáčené plochy dílů [mg/m²]). V případě výskytu kovových částic v nádrži se posuzuje maximální velikost částic pomocí mikroskopu [μm]. Dosažené výsledky se řádně dokumentují a zasílají zákazníkovi. Tyto gravimetrické zkoušky se provádí u všech prvních sto kusů nádrží po zahájení sériové výroby. V případě pozitivních výsledků, kdy nedochází k nepovolené kontaminaci, se četnost zkoušek snižuje na 10% vyráběných nádrží daného konkrétního typu.

Montáž komponentů

Po provedení testů kontaminace nádrží se namontují nakupované komponenty jako je palivový filtr, víčko a zátky v uzavřeném prostoru vyhrazeném pro montáž.

Tlaková zkouška

Jednou z nejdůležitějších vlastností nádrží je těsnost, přičemž se jedná o základní parametr. Při svařování může v některých spojích docházet k průsakům, zvláště v jejích rozích. Z těchto důvodů následuje pracoviště tlakové zkoušky, kde pomocí kompresoru je do nádrže vpuštěn vzduch o tlaku 0,9 Bar. K zatěsnění všech otvorů se používá speciální tlaková sada těsnících zátek. Pomocí mýdlové vody, kterou nanáší pracovník „tlakovny“ pomocí štětce a odhaluje tak zřejmé netěsnosti.

V případě, že netěsnosti nejsou zjištěny, pokračuje tak v tlakové zkoušce ponorem, která je časově náročnější než namátková kontrola mýdlovou vodou. Nádrž je ponořena do nerezové vany s vodou pomocí speciálního zařízení na ponor nádrže tvořeného vzduchovým pístem. Tím se celá nádrž ponoří a po důkladné prohlídce, je nádrž z vany vyjmuta. V případě, že se objeví ve vodě bubliny, opraví tekoucí místa pracovník pracoviště tlakové kontroly na místě pomocí svářečky, která se nachází na pracovišti tlakové kontroly. Pokud nádrž teče i po opravě, popř. na více místech, posílá se nádrž k opravě zpět na svařovnu.

O každé nádrži se vede podrobná evidence zjištěných vad, tzn. výrobní číslo nádrže, typ, počet nalezených netěsností, datum, jméno kontrolora a popis opravy nádrže. Tento seznam slouží jako kvalitativní ukazatel provedených svarů a pomocí množství výskytu lze přijmout případná nápravná opatření.

Lakovací linka

V případě úspěšné tlakové zkoušky je nádrž uložena do prostoru nádrží, které jsou určeny pro lakování. Nádrže jsou pak do lakovací linky odeslány ihned, jakmile jsou zaplánovány a jejich množství odpovídá lakovací dávce, která je určována v souvislosti s množstvím výrobků se stejnými lakovacími podmínkami, tzn. odstín barvy apod.

Nejprve však pracovníci na lakovně zamaskují všechny plochy a závity, které nemají být natřeny, aby nedošlo k znečištění, popř. poškození barvou.

Do linky se nádrže zavěšují pomocí háků a nejprve prochází oblasti vstupní kontroly lakovací linky pod světly se světelnou intenzitou 1074 luxů určené přepisem pro vizuální kontroly. Na vstupní kontrole se kontroluje zamaskování všech otvorů, které mají být zakryty. Dále se pak kontroluje, zda pohledové plochy nádrže nejsou nějak poškrábány, otlačeny, případně nějak jinak mechanicky poškozeny. V případě, že se na pohledových plochách nádrže vyskytují vady, přesouvá se nádrž na pracoviště, kde se opravují plochy pro nátěry, aby byly zatmeleny a výsledný nátěr tak dosahoval požadovaných parametrů.

Po ukončení všech kontrolních a opravných procedur mohou nádrže do lakovacích boxů, kde probíhá nejprve nátěr základním nátěrem o tloušťce vrstvy 80 μm , následně musí proběhnout sušení v sušící peci a technologická pauza sloužící k vytvrdnutí základního laku viz obrázek 10.



Obrázek 10 - Nádrže po základním nátěru

Po základním nátěru se nanáší vrchní nátěr o tloušťce 80 μm v lakovacích boxech. Následně nádrže putují do sušící pece s teplotou okolo 90°C. Celý proces lakování je dokonán závěrečnou kontrolou celého povrchu nádrže, kde se může vyskytovat celá škála závad jako pomerančová kůra, puchýře, nečistoty v laku, koroze apod.

Zákazníkem stanovený povrch přípustnosti vad v lakování je A2, což je z pohledu náročnosti a stanovených požadavků na kvalitu druhý nejpřísnější požadavek viz tabulka 2.

Mimo tyto kvalitativní vady se u některých kusů přeměřují i další parametry jako je například lesk pomocí leskoměru.

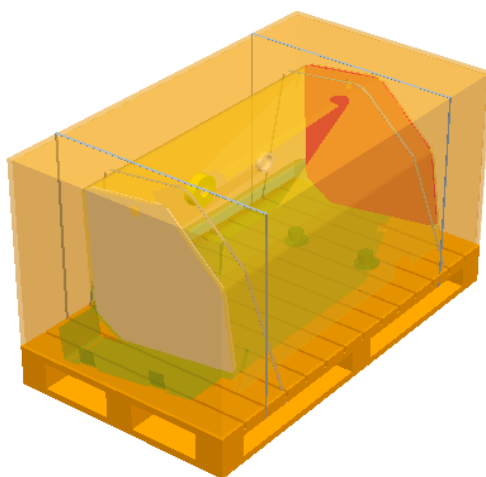
Parametry jako je tvrdost, adheze je kontrolována dvakrát ročně pomocí tzv. CCT testovacích panelů (Cyclic Corrosion Testing). Jedná se prakticky o vzorky plechů, které projdou předepsanou předúpravou a jsou nalakovány dle požadavků. Ty se pak posílají do certifikované laboratoře k provedení testů jako tužkový test tvrdosti, mřížková zkouška apod.

Tabulka 2 - Přípustné vady laku [11]

Vada	Povrchová kvalita A2
Špína / Prach částice $\leq 1,25$ mm (v průměru)	Max. 5 částic na plochu 2500 cm^2 bez shluku těchto částic.
Chlupy / vlasy částice ≤ 5 mm (délka)	2 částice na plochu 2500 cm^2
Puchýře: duté bubliny nebo vystouplé oblasti v nátěru $\leq 1,5$ mm (v průměru)	2 na plochu 2500 cm^2
Rybí oči / krátery: malé oválné důlky v nátěrové vrstvě ≤ 2 mm (v průměru)	2 na plochu 2500 cm^2
Stečeniny / kapky: vrstvení nátěru nadměrnou aplikací na vertikální nebo nakloněné povrchy	1 na plochu 2500 cm^2
Škrábance / oděrky	2 na plochu 2500 cm^2 přičemž nesmí být delší než 5 mm, a zároveň nesmí být hlubší než nátěrová vrstva
Krupicový povrch vlivem rozpouštědla $\leq 0,5$ mm (v průměru)	$\leq 5\%$ na ploše 2500 cm^2
Dírky: dírký nebo jejich skupina $\leq 1,0$ mm (v průměru)	Nejsou akceptovány
Skvrny od vody: bílé skvrny na místech, kde se vypařila voda	Nejsou akceptovány
Stopy po tmelení	Nejsou akceptovány
Přestřík: chybný nástřik barvy na hotové plochy	Není akceptován
Koroze	Není akceptována

2.4 Balení, sklad, expedice

Závěrečnou operací v podniku je balení. To samozřejmě probíhá až po odsouhlasení ze strany útvaru kvality. Balení probíhá dle předepsaného systému balení, viz obrázek 11. Balení je navrženo tak, že je možno stohovat dva kusy nádrží na sebe, čímž dochází k úspoře na dopravě a skladování. Karton, do kterého je nádrž zabalena je schopen unést zátěž až 600 kg, nicméně je nezbytné dodržet pravidla správného uskladnění a balení v suchu. Karton nesmí být v žádném případě nějak poškozen. Nedodržení těchto podmínek by mělo za následek poškození samotného produktu. Po zabalení jsou nádrže uskladněny ve skladu se zastřešením a samotná manipulace se zabalenými nádržemi probíhá prostřednictvím vysokozdvizných vozíků.



Obrázek 11 - Vizualizace balení

3 Optimalizace jednotlivých výrobních kroků

V každém výrobním podniku při zavádění produktu nebo při změnách ať už na pracovišti nebo změnách výrobků, jejich parametrů, dochází k určité formě plýtvání, neúmyslným chybám a neefektivitě v již zavedené výrobě.

Filozofie kaizen poukazuje na potřebu neustálého zlepšování, což vede k lepší produktivitě práce, kvalitě a s tím také spojené větší výrobní kapacitě, která je klíčem k naplnění primárních cílů každé firmy.

Základním informačním zdrojem, který byl zapotřebí získat, a zároveň zdrojem potenciálních zlepšení je náměr výroby. Na základě těchto údajů je možno provést analýzu činností, které jsou tzv. muda (plýtvání). V našem případě se jedná o muda pohybu, zpracování, čekání, dopravy, času.

V řešeném případě normovači naměřili vyšší časy, než které byly stanoveny v normě technologem. Ze strany výroby často docházelo k připomínkám na cenu produktu.

Z provedených náměrů vyšly následující časy:

Tabulka 3 - Náměry výroby palivových nádrží

název operace	platná THN norma [min]	naměřený čas [min]	rozdl [min]
Stehování (COP 0005)	73	124	51
zámečnické práce – značení (COP 0008)	1,5		
svařování RTP – (COP 0010)	34	27	7
rovnání, dovaření – díly (COP 0012)	12	25	13
zámečnické práce – čištění (COP 0015)	7,5	48	39,5
zkoušení těsnosti (COP 0025)	35		

Na základě naměřených časů jednotlivých operací, byl zjištěn nesoulad mezi časem stanoveným technologem a realitou. Měření probíhalo v srpnu a říjnu 2015, kdy měřená nádrž byla ve fázi náběhu výroby a bylo vyrobeno pouze několik sériových kusů. Zároveň při měření byly odečteny neproduktivní časy, jako je hledání náradí, pomůcek, šablon a nepřítomnost pracovníka na pracovišti.

Z důvodu relevantního náměru, byly práce na nádrži měřeny u svářeče, který je řadu let ve společnosti, a jeho výkony jsou stabilní. Měření sestavení nádrže u svářeče,

který s nádržemi nemá zkušenosti, by neměla žádný smysl. Z této úvahy vyplývá několik opatření, které je nejprve zapotřebí optimalizovat.

Na základě srovnání předepsaných technologických norem a náměrů skutečností byly vytipovány kroky, které by měly vést k narovnání normativů a vlivem rostoucí poptávky po palivových nádržích nalézt prostor pro navýšení kapacity. Těmito kroky jsou:

- Svařování nádrže – podsestavy.
- Svařování hrdel – na svařovacím robotu.
- Rovnání spodního plechu, dovařování.
- Úprava konstrukce nádrže.
- Lakovna.
- Vizualizace.

3.1 Svařování nádrže – podsestavy

Původní koncepce stehování byla stanovena jako stehování jedné kompletní nádrže ze všech komponentů a následně druhé, atp.

Při zahájení výroby se zjistilo, že tento postup je neefektivní z pohledu toho, že blokuje na dlouhou dobu celé pracoviště, zatímco jednotlivé podsestavy by mohly být stehovány dopředu na jiném pracovišti. Z pohledu složitosti se jedná o díly, které nevyžadují složitých přípravků a mohou být tak snadno připravovány na jiném pracovišti. Pro tuto činnost jsme zvolili noční směnu – viz obrázek 12 stehované podsestavy. K výrobě stehovaného polotovaru je dostačující využití šablon.



Obrázek 12 - Stehovaná podsestava

Zavedení rozdělení operace umožnilo využít maximálně čas kvalifikovaného svářeče k vykonání náročnější operace a tím zrychlení celého procesu. Zároveň tak došlo k efektivnějšímu využití svařovacího boxu v důsledku lepšího využití rotačního přípravku. Očekávaná úspora je 23 minut. Zároveň došlo k částečnému uvolnění kapacit pracoviště z důvodu přesunu na pracoviště, které není primárně vyhrazeno pro svařování nádrží a uvolňuje tak jeho kapacitu.

3.2 Svařování hrdel – na svařovacím robotu

Dalším zavedeným optimalizačním opatřením je svařování trubky hrdla nádrže s adapterem. Jedná se o kvalitativní zlepšení, které bylo často předmětem diskuzí kvality a v jednom případě příčinou reklamace.



Obrázek 13 - Extrém svařování hrdel

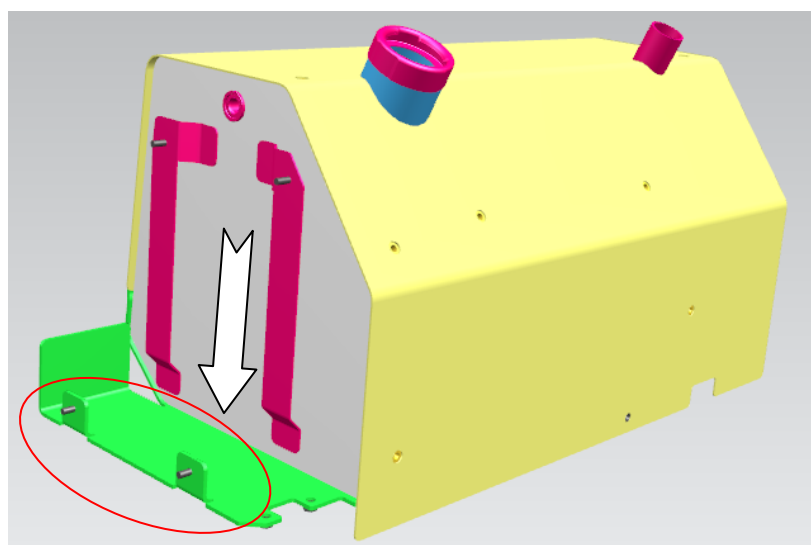
Na základě zlepšení vyráběného produktu bylo rozhodnuto o vytvoření přípravku na svaření podstavy hrdel na svařovacím robotu. Svaření podstavy trubka – adaptér uspořilo podle odhadů pouze několik vteřin na jednom kuse, nicméně kvalita svaru je nesrovnatelná – na obrázku 13 je zobrazena extrémní situace. Zúžitkování opatření se tak dostaví především v podobě zlepšení kvality produktu a eliminace případných nákladů na reklamace. Nákladově se zlepšení promítlo pouze v podobě počáteční investice do přípravku – viz obrázek 14.



Obrázek 14 - Svařování hrdel - přípravek

3.3 Rovnání spodního plechu, dovařování

Jednou z problematických operací je svařování sestavy bočního plechu se spodním plechem v místě s prodlouženou částí plechu zobrazeného na obrázku 15.

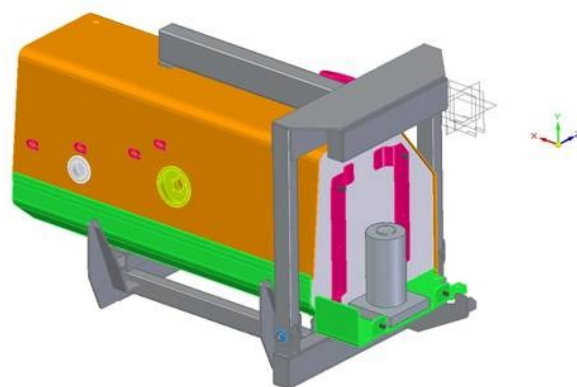


Obrázek 15 - Spodní plech s vrchní podstavou

Problém vzniká po svaření na robotické lince, kdy při svaru se prodloužená plocha spodního plechu vlivem tepla ohýbá a není tak možno následně dodržet tolerance čepů se spodní plochou (vyznačeno na obrázku 15). V minulosti byla nádrž zpět poslána do stehovacího boxu, kde pomocí kladiva byl plech ohnut do požadované pozice metodou pokus-omyl.

Tento postup byl nekoncepční a značně ovlivňoval čas ve stehovacím boxu, kde se měly stehovat nové nádrže a nikoliv opravovat již svařené nádrže. Z tohoto důvodu bylo zřízeno samostatné pracoviště hned za svařovacím robotem.

Jeho účelem je v první fázi dovaření částí, které nebyly robotem přivařeny a zároveň ohnutí spodního plechu. Tento krok eliminuje plýtvání času výroby a je optimalizačním prvkem a minimalizuje tak mura, muda oprav a zmetků a muda čekání.

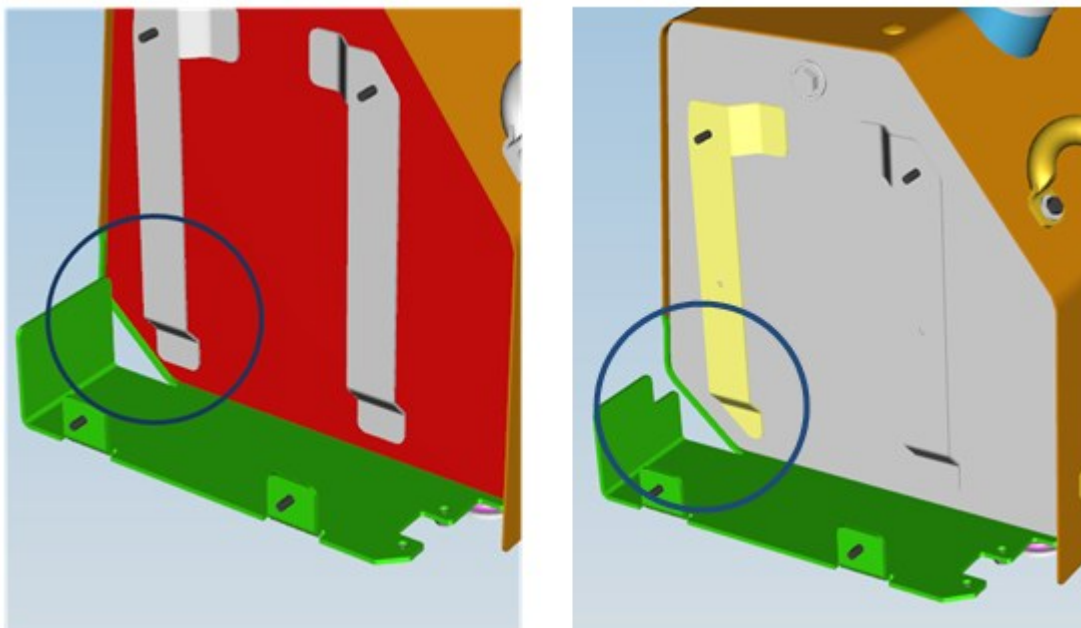


Obrázek 16 - Rovnací a dovařovací přípravek

3.4 Úprava konstrukce nádrže

Jednou z optimalizací za určitých předpokladů může být i výkresová úprava samotného produktu. Nicméně tato varianta je možná pouze se souhlasem konstrukčního oddělení zákazníka.

V případě nádrží se jedná o úpravy, které by zpřístupnily svařovací hlavě dostat se do míst, kde tomu brání konstrukce nádrže. Musí se přitom jednat o místa, kde by se neměnily parametry výsledného výrobku.



Obrázek 17 - Změna konstrukce

Zákazník navrženou změnu akceptoval, protože se jedná o optimalizaci, která vede k vyšší efektivitě výroby, tzn. svar ve zkoseném místě nádrže je plynulý oproti stavu před změnou, viz obrázek 17. Zároveň také odpadá nutnost dovaření této položky manuálně s následnými opravami. Ušetřen je také manipulační a přípravný čas, který by byl v případě původní varianty nutný.

3.5 Lakovna

Na lakovací lince dochází k mnoha časovým ztrátám spojených především s opravami laku vlivem nečistot v nátěru. Příčinou je závěsný systém kolejnic, po kterém se sunou nádrže po celé lince od vstupní kontroly až po výstupní kontrolu. Jako opatření byla nařízená údržba, která je a bude prováděna jak zaměstnanci podniku, tak externí firmou. Tato údržba byla naplánována během závodní dovolené celého podniku. Plán údržby však je rozdělen do několika časových úseků z hlediska četnosti provádění jednotlivých činností.

Denní údržba - úklid podlahových ploch, průběžné čištění regálů, závěsů, pomůcek apod.

Týdenní údržba – úklid použitých obalů nátěrových hmot, manipulace s odpady, čištění lakovacího boxu vrchních nátěrů, výměna filtrů.

Čtrnáctidenní údržba - čištění mycího boxu, kanálů, sběrný jímky, údržba místnosti pro míchání barev.

Měsíční údržba - čištění brousícího boxu, výměna filtrů, výměna bočních chránících folií lakovací kabiny, včetně dveří.

Čtvrtletní údržba - odprášení kolejové dráhy dopravníku, odprášení vozíků dopravníku, tryskání závěsů, závěsových tyčí, dočištění háků, odprášení stěn sušících pecí, chladicích boxů.

Pololetní údržba - výměna filtrů vzduchotechnických jednotek, výměna stropních filtrů lakovacích boxů základního nátěru, výměna stropních filtrů lakovacích boxů vrchní barvy, čištění mycího boxu - stěny, strop, podlaha.

Na základě provedených opatření preventivní údržby je očekáváno rapidní snížení počtu interně reklamovaných nádrží z důvodu výskytu nečistot na pohledových plochách po nátěru vrchním lakem, čímž by se zvýšila efektivita lakování.

Jako jedno z opatření bylo zavedeno lakování těchto nádrží externí firmou. Účelem bylo jednak kapacitně ulevit lakovně, která je i jinými výrobky vyráběnými ve VOP CZ značně vytížena, tak zefektivnit naše činnosti. Celý tento proces znamenal kvalifikovat tuto firmu jako našeho subdodavatele. Tento krok byl úspěšně vykonán a na základě zaslaných vzorků a za přítomnosti auditora našeho zákazníka byl celý proces schválen. Výsledek tohoto kroku nebyl však finančně efektivní z důvodu složitých a nákladných převozů. Bylo však zjištěno, že proces, který externí firma zavedla, se v zásadě ničím neliší od procesů používaných v lakovně VOP CZ. Tento zdroj však bude využíván pouze k vykrýváním kapacitních špiček lakovny.

3.6 Vizualizace

V rámci zlepšení vizualizace výrobních kroků jako celku vznikly na jednotlivých odděleních vizualizační pomůcky usnadňující přehlednost, srozumitelnost postupů, informací o výrobě plánů a podobně.

Na svařovně byla umístěna výrobní tabule s denním rozpisem plánovaných výrobků, viz obrázek 18, dále pak v jednotlivých svařovacích boxech výrobní instruktáže a u stanoviště kontroly kvality byly vyvěšeny nejčastěji se vyskytující závady s cílem co nejvíce seznámit zaměstnance na dílně s následky technologické nekázně.



Obrázek 18 - Tabule s denním rozpisem stehování nádrží

V lakovně byly útvarem technologie lakovny zpracovány postupy k odstranění vad, které důkladně popisují jednotlivé defekty laku a jejich následné odstranění. Manuály postupu lakování a míchání barev byly zpracovány vzhledem k fluktuaci pracovníků lakovny a technologické náročnosti již v minulosti na požadavek zákazníka.

Cílem těchto vizualizací je značné usnadnění a prakticky okamžitá orientace v činnostech všech zaměstnanců a nachází uplatnění především při velké fluktuaci a horší orientaci některých pracovníků ve výkresové dokumentaci. Jedná se však o standardizaci celého procesu.

4 Vyhodnocení navržených řešení

Po analýze jednotlivých výrobních úseků a jejich optimalizací bylo dosaženo úspor a to jak na straně úspor času, který se přímo promítá do ceny, potažmo výrobního cyklu každého výrobku, tak také kapacity celé linky v závislosti na možnosti provedení některých operací mimo linku v nových prostorách.

Tabulka 4 - Přehled úspor

Č.	Název optimalizačního kroku	Typ úspory, zlepšení	[min]
1	Svařování nádrže – podsestavy	Zkrácení času, úspora místa na lince	23
2	Svařování hrdel – na svařovacím robotu	Zkrácení času, úspora místa na lince, estetika výrobku	2
3	Rovnění spodního plechu, dovařování	Zkrácení času, úspora místa na lince	6
4	Úprava konstrukce nádrže	Zkrácení času	5
5	Lakovna	Kvalita, eliminace externích negativních vlivů	-
6	Vizualizace	Orientace, eliminace plýtvání, kvalita	-

Nejefektivnější ze všech provedených vytipovaných opatření je rozdělení operací na podsestavy, kdy využití přípravku nutného k sestavení celé nádrže uspoří časový prostor pro další nádrž a rozšiřuje tak kapacitní možnosti linky. Zároveň tak taky dojde ke zkrácení výrobního cyklu nádrže a zlevnění produktu. Úspora se projevuje také na přípravných časech, a to z důvodu sériovosti této operace.

Druhým opatřením bylo docíleno výrazné zlepšení kvality a vizuálního vzhledu, přičemž dosažená úspora dvou minut je zanedbatelná. U třetího kroku bylo dosaženo zkrácení času až o 6 minut na jednu nádrž, a to v návaznosti na možnost rovnání a využití pracoviště v dávkách a nikoliv po jednom kuse. Díky realizaci této operace jako operaci se samostatným pracovištěm, je možno zde provádět i opravy v případě, že kontrola vrátí nádrž jako vadný kus. Úspora je znát také na přípravných časech, kdy není nutno manipulovat s přípravky umístěných v hlavních svařovacích boxech, a zároveň eliminace manipulací a převozu mezi pracovišti linky.

Při úpravě konstrukce nádrže bylo docíleno maximálního využití svařovacího robota a minimalizace podílu manuálního svařování, což se pozitivně odrazilo jak na celistvosti a vzhledu svarů, tak na úspoře času a manipulace. Opatření v lakovně měla charakter prevence. Po aplikaci výše uvedených opatření došlo ke snížení prašnosti, a tím i počtu vrácených nádrží k opravě z důvodu výskytu nečistot na vrchním laku.

Posledním vytipovaným opatřením – vizualizací bylo dosaženo zefektivnění orientace a získání přehledů o možných úskalích výroby nádrží. Jedná se o standardizaci činností.

Z výše uvedené tabulky č. 3 - Náměry výroby palivových nádrží byl technologický rozpor mezi technologickým časem a naměřeným časem v trvání celkem 51 minut. Dle zavedených úspor je měřitelným způsobem možno zkrátit čas celkem cca o 23 minut, což po odečtení znamená rozdíl celkem 28 minut. Tímto lze obecně říci, že optimalizace provedené na stehování byly velkým přínosem, ačkoliv je po opakování náměru nutno upravit příslušnou normu.

U rovnání a dovařování je rozdíl dle tabulky 3 - Náměry výroby palivových nádrží celkem 13 minut. Náměr byl proveden při využití rovnacího přípravku. Jelikož je nutno do tohoto přípravku ustavovat kus po kuse, neprojevuje se zde vliv sériovosti. Na tomto pracovišti se podařilo uspořit celkem 5 minut, kdy došlo k úpravě konstrukce nádrže. Části, které byly dovařovány ručně, budou svařeny svařovacím robotem, u kterého se čas svařování naopak zvýší, byť pouze o několik vteřin. Tato úprava však nebyla doposud aplikována, tudíž k náměru prozatím nedošlo, časová úspora je tak pouze odhadnuta. Oproti technologickému času tedy zbývá 7 minut. Je možné, že při dlouhodobějším používání přípravku se naměřený čas zkrátí (přípravek je nový) a dojde tak ke snížení času. V případě, že opakovaný náměr operace nebude kratší, musí dojít k úpravě technologické normy.

Z tabulky 3 - Náměry výroby palivových nádrží nám vyšel velký rozdíl u čištění. Náměrem bylo zjištěno, že rozdíl mezi normou a náměrem je propastný, celkem 39,5 minuty. Dočišťování nádrží je důležitým procesem, protože se jedná o poslední mechanickou operaci na svařovně, tudíž je důležitá i kvalita povrchu a svarů. Zde byla v technologickém postupu opomenutá důležitá informace, zbavit nádrže všech okují a oxidů vznikajících po pálení, aby se nevyskytovaly na plochách, které budou natřeny.

S nádrží je nutno z těchto důvodů více manipulovat než bylo předpokládáno, a zároveň je nutno přebrousit více ploch. Je zapotřebí opravit technologickou normu a upravit postup výroby, který by odpovídal realitě a nutnosti provést veškeré práce, které jsou vyžadovány k výrobě palivových nádrží.

Tabulka 5 - Návrh úpravy norem

název operace	platná THN norma [min]	naměřený čas [min]	rozdíl [min]	návrh opravy normy
stehování	73	45+56	28	101
zámečnické práce - značení	1,5			
svařování RTP	34	27	7	28
rovnání, dovaření - díly	12	25	13	20
zámečnické práce - čišťení	7,5	48	39,5	48
zkoušení těsnosti	35			

V tabulce 5 – Návrh úpravy norem je uveden návrh úpravy norem, které se s přesnou definicí činností musí promítnout také v technologických postupech. Provedené změny mají vliv na konečnou cenu výrobku a musí být prodiskutovány se zákazníkem v případě, pokud jsou v nabídkové kalkulaci uvedeny časy nižší.

Bez ohledu na doposud zavedená opatření je na základě aplikace filozofie kaizen zapotřebí neustále hledat optimalizace a zlepšení jak ve výrobě, tak ve všech procesech ovlivňujících celý výrobní proces jako je optimalizace nákupu materiálu, logistika apod.

5 Závěr – celkové zhodnocení přínosu bakalářské práce

Cílem této bakalářské práce bylo optimalizovat výrobní proces palivových nádrží. Smyslem mé práce bylo přiblížit výrobní proces, analyzovat možné úskalí výroby a nalézt tak optimální řešení. Vstupními informacemi pro analýzu výrobního procesu byly náměry jednotlivých operací, které tvoří úzké hrdlo celé linky.

Teoretickou část práce jsem věnoval popisu jednotlivých přístupů k výrobě, jako jsou kaizen, kanban, metoda 5S, atd., které tvoří základní předpoklad fungující výroby, a jejichž aplikace je nezbytná.

V praktické části jsem se zaměřil na popis nádrže, její význam a účel a předepsané parametry, abych co nejvíce přiblížil náročnost tohoto produktu. V další části jsem popsal celý výrobní proces linky, který dotváří reálný pohled na kompletní výrobní podnik a technologičnost výroby. Podkladem pro popis celého výrobního toku byla má zkušenost během pracovního poměru ve VOP CZ, s.p. a informace z příslušných oddělení.

Stěžejní částí celé práce je nalezení optimalizačních opatření, které by umožnily zkrátit výrobní čas a rozšířit tak kapacitu linky při snížení výrobních nákladů. Na základě náměrů, praxe a informací ze samotné výroby bylo vytipováno šest oblastí, které byly analyzovány a kde byly nalezeny úspory a to jak v nákladech, tak ve výrobních, přípravných a manipulačních časech.

Tato práce může v budoucnu sloužit jako vodítko pro optimalizaci sériové výroby obdobného charakteru a přinést tak řadu úspor. Výsledky uvedených opatření byly úspěšně aplikovány v praxi a práce tak úspěšně splnila svůj cíl.

6 Seznam literatury

- [1] KERŤKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2012. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-319-9.
- [2] IMAI, Masaaki. *Gemba Kaizen*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2005. Business books (Computer Press). ISBN 80-251-0850-3.
- [3] *Kanban – výroba tahem*. *SystemOnLine [online]*. 2012 [vid. 2016-01-07]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/kanban-vyroba-tahem.htm>
- [4] *5S pro operátory: 5 pilířů vizuálního pracoviště*. 1. vyd. Brno: SC&C Partner, c2009. Shopfloor series. ISBN 978-80-904099-1-0.
- [5] *Kanban*. *IPA Czech [online]*. Žilina: IPA Czech, 2007 [vid. 2016-03-22]. Dostupné z: <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/kanban>
- [6] *The Five Pillars of 5S. PSI - 5S [online]*. Woo Dale, Illinois: Power Solutions International, 2012 [vid. 2016-03-03]. Dostupné z: <http://www.psiengines.com/about/quality/psi-5s/>
- [7] VOP CZ, s.p. *VOP CZ [online]*. Šenov u Nového Jičína: VOP CZ, s.p., 2016 [vid. 2016-01-27]. Dostupné z: <http://www.vop.cz/>
- [8] D6N Track - Type Tractor. *Http://www.l-lynch.com/docs/catd6nspec.pdf [online]*. Caterpillar Inc., 2009 [vid. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://www.l-lynch.com/docs/catd6nspec.pdf>
- [9] INTERNÍ VÝROBNÍ PŘEDPIS. *1E4334: SURFACE QUALITY – COMPONENT/PIECE PART*. Revize 01. Caterpillar Inc., 2010.

- [10] INTERNÍ VÝROBNÍ PŘEDPIS. *1E4147: CLEANING & TESTING OF METAL FUEL TANKS*. Revize 02. Caterpillar Inc., 2008.
- [11] INTERNÍ VÝROBNÍ PŘEDPIS. *1E2001: PAINT – PRODUCT PAINTING, PACKAGING, AND SHIPPING*. Revize 19. Caterpillar Inc., 2010.
- [12] TÖPFER, Armin. *Six Sigma: koncepce a příklady pro řízení bez chyb*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2008. Computer Press. ISBN 978-80-251-1766-8.
- [13] ČSN ISO 690 (01 0197). Informace a dokumentace: Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů. Praha: ÚNMZ, 2011. 40 s.

7 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Tlakový systém (Push System) [5]	11
Obrázek 2 - Tahový systém (Pull System) [5]	12
Obrázek 3 - grafické zobrazení 5S [6]	13
Obrázek 4 - D6N buldozer [8]	21
Obrázek 5 - palivová nádrž 477-2367	21
Obrázek 6 - palivová nádrž 477-2367 v 3D	22
Obrázek 7 - Uložení materiálu na svařovně	24
Obrázek 8 - Schéma linky nádrží na svařovně	25
Obrázek 9 - Lakování nádrží - schéma lakovny	25
Obrázek 10 - Nádrže po základním nátěru	28
Obrázek 11 - Vizualizace balení	30
Obrázek 12 - Stehovaná podsestava	33
Obrázek 13 - Extrém svařování hrdel	33
Obrázek 14 - Svařování hrdel - přípravek	34
Obrázek 15 - Spodní plech s vrchní podsestavou	34
Obrázek 16 - Rovnací a dovařovací přípravek	35
Obrázek 17 - Změna konstrukce	36
Obrázek 18 - Tabule s denním rozpisem stehování nádrží	38

8 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Počet stehovaných nádrží za směnu	23
Tabulka 2 - Přípustné vady laku [11]	29
Tabulka 3 - Náměry výroby palivových nádrží	31
Tabulka 4 - Přehled úspor	39
Tabulka 5 - Návrh úpravy norem	41

9 Seznam příloh

Příloha A – Náměry výroby stehování palivové nádrže - původní

Příloha B – Náměry výroby po optimalizaci (stehování, dovařování)